

Pengaruh Masukan dan Fungsi Aktivasi Terhadap Kecepatan Pelatihan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Modular sebagai Klasifikasi dan Estimasi Lokasi Gangguan pada Saluran Distribusi Bawah Tanah PT. Pertamina RU II Dumai

Boy Ihsan*, Dian Yayan Sukma**

***Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau**

Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: boyihسان18@gmail.com

ABSTRACT

This paper describes a method of modular artificial neural network (ANN) for identifying and locating short circuit faults in underground power distribution line at PT. Pertamina RU II Dumai. The underground power distribution line is modeled using ATP-EMTP software. ANN-based fault classifier made from ANN-based fault detection in different phases and ground which work in parallel. ANN-based fault locator made from ANN which is estimated locations of fault occurs for each different types of fault. The ANN-based fault classifier of fault was performed variety of the given input and The ANN-based fault locator was performed variety of the activation function type which is deployed in different layer. The study result shows 4 different sampling of voltage value as ANN-based fault detection input in different phase fault. In the another result shows 4 different sampling of zero sequence current value as ANN-based fault detection input in ground fault. The last result shows the activation function of ANN-based fault locator is sigmoid bipolar – sigmoid biner – linear in the different ANN-based fault locator. All the previous result was aggregated to enhance the training phase in order to speed up in achieving MSE target of $1E-5$.

Keywords: modular artificial neural network (ANN), fault classifier, fault locator, short circuit faults, underground power distribution line

I. PENDAHULUAN

PT. Pertamina RU II Dumai sebagai salah satu perusahaan yang berjalan pada sektor penghasil minyak, memerlukan kontinuitas penyediaan energi listrik yang tinggi. Terganggunya kontinuitas penyediaan energi listrik tentu akan mengakibatkan penurunan atau tertahannya proses produksi minyak. Kerugian yang disebabkan oleh tertahan atau turunnya produksi minyak ini berbanding lurus dengan lamanya waktu pemulihan gangguan pada saluran distribusi. Lamanya pemulihan dipengaruhi oleh lamanya penemuan lokasi gangguan, jika lokasi gangguan dicari secara manual akan membuat durasi waktu pemulihan semakin lama, khususnya untuk saluran distribusi yang panjang atau saluran distribusi bawah tanah yang sukar dilihat lokasi gangguannya dengan cara pengamatan. Semakin lama lokasi gangguan ditemukan, maka akan semakin lama proses pemulihan. Jadi semakin lama penemuan lokasi gangguan maka akan semakin besar kerugian yang diterima oleh perusahaan. Gangguan-gangguan ini tidak dapat sepenuhnya dihindari karena sebagian

dari gangguan ini juga terjadi karena alasan alami di luar kendali manusia. Oleh karena itu, sangat penting untuk memiliki sistem proteksi yang terkoordinasi dengan sangat baik untuk mengetahui posisi terjadinya gangguan dalam sistem tenaga listrik.

Deteksi lokasi gangguan secara otomatis dapat meningkatkan keandalan sistem karena dapat mempercepat proses perbaikan atau pemulihan dan juga dapat meminimalisir kerugian materi yang dapat terjadi. Pada penelitian ini mengusulkan metoda alternative yaitu jaringan syaraf tiruan (JST) untuk klasifikasi jenis dan estimasi lokasi gangguan hubung singkat yang terjadi pada saluran distribusi.

Ika Mayla Sari (2016) dalam jurnal ilmiannya yang berjudul “estimasi jenis dan lokasi gangguan pada saluran distribusi bawah tanah PT. Pertamina RU II Dumai dengan menggunakan metode adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS)”. Pada penelitian tersebut, dilakukan penelitian dengan menggunakan input yang berbeda-beda, yaitu komponen dc, 50 Hz, 100-350 Hz 400-1000 Hz, dan 1050-1950 Hz. Kelima input

tersebut digunakan sebagai masukan pada jaringan ANFIS dan diuji untuk mendapatkan *input* yang sesuai untuk mengidentifikasi jenis dan lokasi gangguan.

Moez Ben Hessine dan Souad Ben Saber (2014) melakukan penelitian dengan judul “*Accurate Fault Classifier and Locator for EHV Transmission Lines Based on Artificial Neural Networks*”. Penelitian ini menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) untuk mengidentifikasi jenis gangguan dan lokasi gangguan yang terjadi pada saluran transmisi. Pada perancangan JST untuk klasifikasi jenis gangguan dibandingkan keakuratan single JST dengan modular JST. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa menggunakan modular JST dapat mengurangi waktu pelatihan dan juga meningkatkan keakuratan JST untuk klasifikasi jenis gangguan. Pada perancangan arsitektur JST untuk estimasi lokasi gangguan, dibandingkan keakuratan dari JST yang menggunakan *input Magnitude* tegangan saja, arus saja, dan arus dan tegangan. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa JST dengan *input* arus dan tegangan lebih akurat untuk melakukan estimasi lokasi gangguan.

Pada tahun 2011 anamika yadaf melakukan penelitian dengan judul “*Transmission line fault distance and direction estimation using artificial neural network*”. Anamika yadaf meneliti JST sebagai pendeteksi lokasi gangguan dan letak gangguan pada saluran transmisi yang mempunyai 2 section. Input yang digunakan untuk JST adalah arus dan tegangan hasil olahan DFT dari kedua sisi saluran transmisi.

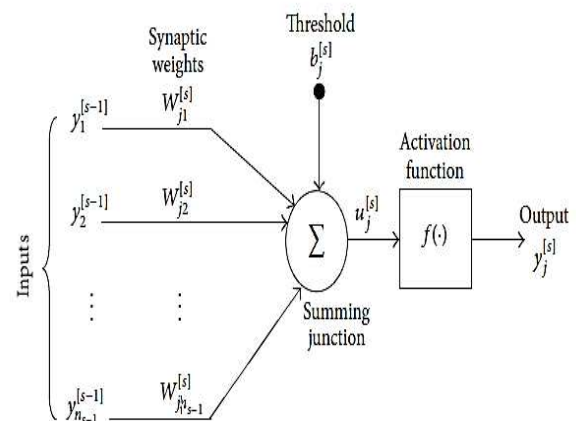
Dari beberapa *literature review* diatas, hasil penelitian dari Ika Mayla Sari pada tahun 2016 yang menggunakan ANFIS dengan hasil penelitian Hessine Ben Hessine pada tahun 2014 memberikan perbedaan keakuratan yang tidak terlalu jauh berbeda. karena perbedaan keakuratan yang tidak terlalu signifikan dari 2 metoda tersebut dan juga karena kesederhanaan algoritma metoda JST dibandingkan dengan ANFIS, maka penulis melakukan penelitian dengan menggunakan data sistem tenaga yang digunakan oleh Ika Mayla Sari, tetapi dengan menggunakan JST sebagai metoda untuk klasifikasi dan Estimasi lokasi gangguan. Metoda JST yang dikembangkan peneliti, melihat pengaruh masukan pada JST klasifikasi gangguan dan pengaruh urutan fungsi aktivasi pada JST estimasi lokasi gangguan pada saluran distribusi.

Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan adalah prosesor tersebar parallel (*parallel distributed processor*) yang sangat besar yang memiliki kecenderungan untuk menyimpan pengetahuan yang bersifat pengalaman dan membuatnya siap untuk digunakan. JST terdiri dari kumpulan-kumpulan sel syaraf (neuron) yang disusun dalam grup, yang disebut dengan lapisan (*layer*) (Suyanto,2007). Pada dasarnya Lapisan-lapisan penyusun JST dapat dibagi menjadi tiga, yaitu lapisan masukan yang biasa disebut *input layer*, lapisan tersembunyi yang biasa disebut *hidden layer* dan lapisan keluaran yang biasa disebut *output layer*. Setiap neuron pada lapisan tertentu dihubungkan dengan neuron lain dengan suatu link koneksi, yang dipresentasikan sebagai *weight* atau bobot. Metoda untuk menentukan nilai bobot yang dapat memberikan nilai *output* yang benar disebut dengan pembelajaran.

Model Sebuah Neuron

Sel syaraf (Neuron) adalah unit pemrosesan informasi yang merupakan dasar dari operasi JST(Suyanto,2007). Berikut ini adalah model dari sebuah neuron (Hessine, 2014):



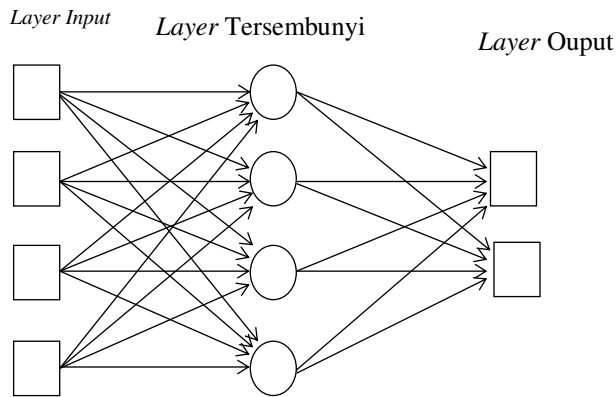
Gambar 1. Model dari sebuah neuron

Secara matematis kita bisa menggambarkan sebuah neuron dengan persamaan 2.22 sebagai berikut :

$$y_j^{[s]} = f \left(b_j^{[s]} + \sum_{i=1}^{Ns-1} w_{ji}^{[s]} y_i^{[s-1]} \right) \quad (1)$$

Multi-layer Feedforward Networks

Multi-layer feedforward networks adalah jaringan yang memiliki satu atau lebih lapisan tersembunyi dengan arah koneksi dimulai dari lapisan *input* menuju ke arah lapisan *output* tanpa adanya koneksi balik. Gambar 2 Mengilustrasikan *multi-layer feedforward networks* untuk kasus satu *hidden layer*.



Gambar 2. Arsitektur *multi-layer feedforward neural networks*

Algoritma Pelatihan Backpropagation

Algoritma pelatihan untuk jaringan dengan satu *layer* tersembunyi (dengan fungsi aktivasi sigmoid biner) adalah sebagai berikut : (Siang, 2007)

Langkah 0 : Inialisasi semua bobot dengan bilangan acak kecil

Langkah 1 : Jika kondisi penghentian belum terpenuhi, lakukan langkah 2-9

Langkah 2 : Untuk setiap pasang data pelatihan, lakukan langkah 3 -8

Langkah 3 : tiap unit masukan menerima sinyal dan meneruskannya ke unit tersembunyi diatasnya.

Langkah 4 : Hitunglah Semua Keluaran di unit tersembunyi z_j ($j=1, 2, \dots, p$)

$$z_{netj} = v_{j0} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ji} \quad (2)$$

$$z_j = f(z_{netj}) = \frac{1}{1 + e^{-z_{netj}}} \quad (3)$$

Langkah 5 : Hitung semua keluaran jaringan di unit y_k ($k=1, 2, \dots, m$)

$$y_{netk} = w_{k0} + \sum_{j=1}^n z_j w_{kj} \quad (4)$$

$$y_k = f(y_{netk}) = \frac{1}{1 + e^{-y_{netk}}} \quad (5)$$

Langkah 6 : Hitung faktor δ unit keluaran berdasarkan kesalahan di setiap unit keluaran y_k ($k=1, 2, \dots, m$)

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{netk}) \quad (6)$$

Hitung suku perubahan bobot w_{kj} (yang akan dipakai nanti untuk merubah bobot w_{kj}) dengan laju percepatan α

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta_k z_j \quad (7)$$

Langkah 7 : Hitung faktor δ unit tersembunyi berdasarkan kesalahan di setiap unit tersembunyi z_j

$$\delta_{netj} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{kj} \quad (8)$$

Faktor δ unit tersembunyi :

$$\delta_j = \delta_{netj} f'(z_{netj}) \quad (9)$$

Hitung suku perubahan bobot v_{ji}

$$\Delta v_{ji} = \alpha \delta_j x_i \quad (10)$$

Langkah 8 : Hitung semua perubahan bobot Perubahan bobot garis yang menuju ke unit keluaran :

$$\begin{aligned} w_{kj}(\text{baru}) &= w_{kj}(\text{lama}) + \Delta w_{kj} \\ v_{ji}(\text{baru}) &= v_{ji}(\text{lama}) + \Delta v_{ji} \end{aligned} \quad (11)$$

Langkah 9 : Uji syarat Berhenti

Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi yang biasanya digunakan untuk algoritma pelatihan backpropagation adalah :

Fungsi sigmoid biner ini digunakan untuk JST yang dilatih dengan metoda *backpropagation*. Memiliki *range* dari 0 hingga 1 dan didefinisikan sebagai berikut :

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (12)$$

dengan turunan

$$f'(x) = f(x)(1 - f(x)) \quad (13)$$

Fungsi sigmoid bipolar memiliki bentuk yang mirip dengan fungsi sigmoid biner, tapi dengan *range* (-1,1), dapat didefinisikan sebagai :

$$f(x) = \frac{2}{1 + e^{-x}} - 1 \quad (14)$$

dengan turunan

$$f'(x) = \frac{(1+f(x))(1-f(x))}{2} \quad (15)$$

Fungsi linear memiliki nilai keluaran yang sama dengan nilai masukannya atau biasa disebut fungsi identitas.

$$f(x) = x \quad (16)$$

dengan turunan

$$f'(x) = 1 \quad (17)$$

Jaringan Syaraf Tiruan Modular

Jaringan saraf tiruan modular adalah sekumpulan jaringan syaraf yang terpisah namun memiliki keluaran yang masih terkait satu sama lain. Contohnya adalah jaringan syaraf untuk klasifikasi gangguan dapat dibuat dari 1 jaringan syaraf dengan arsitektur 16 – 30 – 4, 4 unit keluaran dari jaringan ini merupakan kondisi gangguan pada masing – masing fasa. Namun jaringan ini dapat di pecah menjadi 4 jaringan dimana setiap fasa mempunyai jaringan sendiri untuk menghasilkan keluaran.

Persentase Kesalahan

Persentase Kesalahan dapat dihitung menggunakan persamaan 18.

$$\%E = \frac{|y_i - y'_i|}{y_i} \quad (18)$$

Dimana :

y_i = nilai target sebenarnya

y'_i = nilai keluaran prediksi

Mean Square Error

Mean square error (MSE) adalah nilai rata-rata *error* yang dikuadratkan. Dapat dihitung menggunakan persamaan 19.

$$MSE = \frac{|y_i - y'_i|^2}{N} \quad (19)$$

Dimana :

y_i = Nilai target sebenarnya

y'_i = Nilai keluaran prediksi

N = Jumlah data

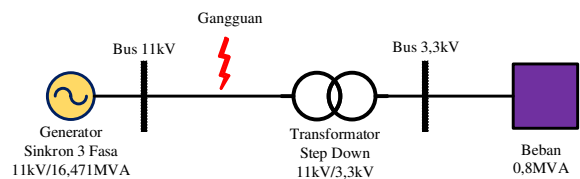
Persentase Error Jarak Lokasi Gangguan

Persentase *error* jarak lokasi gangguan dapat dihitung menggunakan persamaan 20.

$$\%Error = \left| \frac{Jarak\ Estimasi - Jarak\ Sebenarnya}{Panjang\ Saluran} \right| \times 100 \quad (20)$$

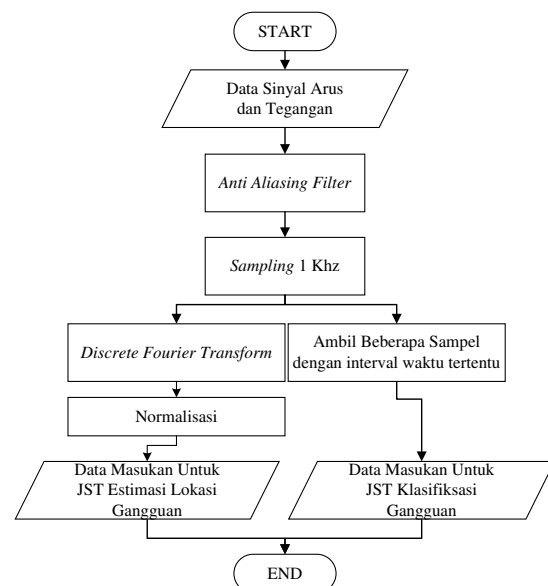
II. METODA PENELITIAN

Adapun sistem tenaga yang digunakan, yaitu sistem tenaga PT. Pertamina RU II Dumai dengan sebuah saluran distribusi tunggal. Sistem tenaga tersebut seperti yang terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Sistem Tenaga Objek Penelitian

Sistem tenaga tersebut dimodelkan pada software ATP-EMTP, Kemudian disimulasikan terjadi gangguan di sepanjang saluran distribusi dengan jenis gangguan dan jarak yang berbeda - beda. kemudian data gelombang arus dan tegangan hasil simulasi gangguan akan diolah dengan menggunakan *anti aliasing filter*, *sampling*, *discrete fourier transform* dan normalisasi. Pengolahan sinyal untuk masukan JST dapat dilihat pada flowchart dibawah ini :



Gambar 4. Flowchart pengolahan sinyal arus dan tegangan

Perancangan Modul Jaringan Saraf Tiruan Klasifikasi Gangguan

JST klasifikasi jenis gangguan dibuat dengan menggunakan modul JST yang mendeteksi gangguan pada masing – masing fasa dan ground yang bekerja secara parallel. Masing – masing modul fasa dan ground diberikan *input* arus dan tegangan sesuai dengan lokasi dimana modul tersebut berada. Kemudian *input* dari masing – masing modul tersebut akan divariasikan untuk melihat *input* yang mana yang lebih baik bagi masing – masing modul. Dimana *input* tersebut divariasikan menjadi :

Input 4 sampel arus:

$$X_{FC1} = \left[\frac{I_i(k-5)}{I_i(k+5)}, \frac{I_i(k-10)}{I_i(k+10)}, \frac{I_i(k-15)}{I_i(k+15)}, \frac{I_i(k-20)}{I_i(k+20)} \right] \quad (21)$$

Input 2 sampel arus :

$$X_{FC2} = \left[\frac{I_i(k-10)}{I_i(k+10)}, \frac{I_i(k-20)}{I_i(k+20)} \right] \quad (22)$$

Input 2 sampel arus dan 2 sampel tegangan:

$$X_{FC3} = \left[\frac{I_i(k-10)}{I_i(k+10)}, \frac{I_i(k-20)}{I_i(k+20)}, \frac{V_i(k+10)}{V_i(k-10)}, \frac{V_i(k+20)}{V_i(k-20)} \right] \quad (23)$$

Input 2 sampel tegangan :

$$X_{FC4} = \left[\frac{V_i(k+10)}{V_i(k-10)}, \frac{V_i(k+20)}{V_i(k-20)} \right] \quad (24)$$

Input adalah 4 sampel tegangan:

$$X_{FC5} = \left[\frac{V_i(k+5)}{V_i(k-5)}, \frac{V_i(k+10)}{V_i(k-10)}, \frac{V_i(k+15)}{V_i(k-15)}, \frac{V_i(k+20)}{V_i(k-20)} \right] \quad (25)$$

Keterangan :

k = nomor urutan sinyal hasil *sampling*

Tabel 1. Menunjukkan variasi yang dilakukan dalam merancang JST klasifikasi gangguan. Dengan melakukan variasi terhadap jenis input yang diberikan dan struktur JST, akan dilihat bagaimana respon dari pelatihan JST klasifikasi jenis gangguan di saluran distribusi bawah tanah PT. Pertamina RU II Dumai.

Tabel 1. Variasi masukan dan struktur modul JST Klasifikasi Gangguan

Modul Fasa	Input	Struktur	Kode Jaringan	Nama
A / B / C / G	4 sampel arus	4-20-1	FC(A/B/C/G)11	
		4-15-1	FC(A/B/C/G)12	
		4-10-1	FC(A/B/C/G)13	
	2 Sampel Arus	2-20-1	FC(A/B/C/G)21	
		2-15-1	FC(A/B/C/G)22	
		2-10-1	FC(A/B/C/G)23	
	2 Sampel Arus dan 2 sampel tegangan	4-20-1	FC(A/B/C/G)31	
		4-15-1	FC(A/B/C/G)32	
		4-10-1	FC(A/B/C/G)33	
	2 sampel tegangan	2-20-1	FC(A/B/C/G)41	
		2-15-1	FC(A/B/C/G)42	
		2-10-1	FC(A/B/C/G)43	
	4 sampel tegangan	4-20-1	FC(A/B/C/G)51	
		4-15-1	FC(A/B/C/G)52	
		4-10-1	FC(A/B/C/G)53	

Perancangan Jaringan Saraf Tiruan Estimasi Lokasi Gangguan

JST estimasi lokasi gangguan dibuat dengan menggunakan modul JST yang memperkirakan lokasi gangguan pada masing – masing jenis gangguan yang terjadi. JST estimasi lokasi gangguan diberikan 6 *input*, yang berupa perbandingan *Magnitude* arus dan tegangan pada ketiga fasa di frekuensi 50 Hz sebelum dan setelah gangguan. *Input* dari JST Estimasi lokasi gangguan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$X_{FL} = \left[\frac{|V_{Af}|}{|V_{Apf}|}, \frac{|V_{Bf}|}{|V_{Bpf}|}, \frac{|V_{Cf}|}{|V_{Cpf}|}, \frac{|I_{Apf}|}{|I_{Af}|}, \frac{|I_{Bpf}|}{|I_{Bf}|}, \frac{|I_{Cpf}|}{|I_{Cf}|} \right] \quad (26)$$

Dimana :

X_{FL} = Masukan jaringan saraf tiruan estimasi lokasi gangguan

$|V_{if}|$ = *Magnitude* tegangan pada frekuensi 50 Hz setelah gangguan

$|V_{ipf}|$ = *Magnitude* tegangan pada frekuensi 50 Hz sebelum gangguan

$|I_{if}|$ = *Magnitude* arus pada frekuensi 50 Hz setelah gangguan

$|I_{ipf}|$ = *Magnitude* arus pada frekuensi 50 Hz sebelum gangguan

i = A, B, C

Pada perancangan JST estimasi lokasi gangguan dilakukan penelitian terhadap variasi

jumlah unit tersembunyi pada *hidden layer* dan juga dengan variasi pada fungsi aktivasi yang digunakan pada masing – masing lapisan JST. Dengan melakukan variasi terhadap jenis fungsi aktivasi yang diberikan dan unit tersembunyi pada struktur struktur JST, akan dilihat bagaimana respon dari pelatihan JST estimasi lokasi gangguan di saluran distribusi bawah tanah PT. Pertamina RU II Dumai. Variasi struktur JST yang dilakukan saat perancangan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Variasi struktur dan fungsi aktivasi modul JST Estimasi Lokasi Gangguan

Modul Gangguan	Struktur	Fungsi Aktifasi	Kode Nama Jaringan
LG / LL / LLG / LLL	6-30- 15-1	Biner, Biner, Biner	FL(LG/LL/ LLG/ LLL)11
		Bipolar, Biner, Biner	FL(LG/LL/ LLG/ LLL)12
		Bipolar, Biner, Linear	FL(LG/LL/ LLG/ LLL)13
		Biner, Biner, Linear	FL(LG/LL/ LLG/ LLL)14
		Bipolar, Bipolar, Biner	FL(LG/LL/ LLG/ LLL)15
	6-20- 10-1	Biner, Biner, Biner	FL(LG/LL/ LLG/ LLL)21
		Bipolar, Biner, Biner	FL(LG/LL/ LLG/ LLL)22
		Bipolar, Biner, Linear	FL(LG/LL/ LLG/ LLL)23
		Biner, Biner, Linear	FL(LG/LL/ LLG/ LLL)24
		Bipolar, Bipolar, Biner	FL(LG/LL/ LLG/ LLL)25

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perancangan JST untuk klasifikasi jenis gangguan didapatkan hasil pelatihan dan pengujian modul-modul JST deteksi gangguan masing – masing fasa dan ground. Berikut ini adalah tabel hasil pelatihan dan pengujian masing – masing modul JST deteksi gangguan.

Tabel 3. Hasil pelatihan dan pengujian modul deteksi gangguan setiap fasa dan ground

No	Jaringan	Pelatihan			Pengujian
		MSE	Waktu	Jml Epoch	MSE
1	FCA11	9.9970E-06	13.8117	1897	5.9969E-06
2	FCA12	9.9971E-06	13.0042	1937	6.1194E-06
3	FCA13	9.9951E-06	11.8387	1968	5.8668E-06
4	FCA21	9.9995E-06	11.8877	1758	6.0545E-06
5	FCA22	9.9985E-06	11.9690	1884	6.0609E-06
6	FCA23	9.9949E-06	13.1386	2276	5.6334E-06
7	FCA31	9.9926E-06	7.7840	1088	6.7476E-06
8	FCA32	9.9981E-06	8.1274	1209	6.5963E-06
9	FCA33	9.9999E-06	23.1089	3824	6.0494E-06
10	FCA41	9.9980E-06	9.2333	1307	6.2442E-06

No	Jaringan	Pelatihan			Pengujian
		MSE	Waktu	Jml Epoch	MSE
11	FCA42	9.9958E-06	9.2390	1456	6.2214E-06
12	FCA43	9.9994E-06	8.7663	1538	6.1914E-06
13	FCA51	9.9955E-06	8.6398	1194	6.4786E-06
14	FCA52	9.9999E-06	9.3835	1425	6.2074E-06
15	FCA53	9.9947E-06	9.3580	1572	6.2806E-06
16	FCB11	9.9949E-06	7.3993	1006	9.2607E-06
17	FCB12	9.9923E-06	7.5850	1150	9.4124E-06
18	FCB13	9.9972E-06	7.3466	1260	9.4482E-06
19	FCB21	9.9977E-06	7.8251	1126	7.9022E-06
20	FCB22	9.9964E-06	7.3170	1175	8.1019E-06
21	FCB23	9.9994E-06	7.6948	1344	8.2586E-06
22	FCB31	9.9962E-06	7.8766	1012	6.6542E-06
23	FCB32	9.9924E-06	6.3081	941	7.0200E-06
24	FCB33	9.9945E-06	6.0079	1001	7.0153E-06
25	FCB41	9.9958E-06	7.5310	1084	6.3956E-06
26	FCB42	9.9960E-06	6.9938	1101	6.4028E-06
27	FCB43	9.9970E-06	6.8351	1217	6.3627E-06
28	FCB51	9.9926E-06	6.1248	853	6.7878E-06
29	FCB52	9.9972E-06	5.8646	884	7.0893E-06
30	FCB53	9.9929E-06	6.2147	1042	6.9304E-06
31	FCC11	9.9914E-06	10.6058	1246	1.0246E-05
32	FCC12	9.9940E-06	7.0983	1219	1.0250E-05
33	FCC13	9.9972E-06	7.2722	1378	1.0245E-05
34	FCC21	9.9989E-06	21.5169	3554	1.0257E-05
35	FCC22	9.9983E-06	19.7217	3604	1.0256E-05
36	FCC23	9.9992E-06	18.8003	3684	1.0257E-05
37	FCC31	9.9970E-06	6.5532	1034	1.0411E-05
38	FCC32	9.9942E-06	6.3265	1076	1.0397E-05
39	FCC33	9.9957E-06	7.0786	1351	1.0378E-05
40	FCC41	9.9958E-06	7.0121	1142	1.0395E-05
41	FCC42	9.9916E-06	6.8808	1220	1.0378E-05
42	FCC43	9.9972E-06	6.4460	1303	1.0368E-05
43	FCC51	9.9936E-06	5.8273	911	1.0257E-05
44	FCC52	9.9967E-06	5.5963	962	1.0185E-05
45	FCC53	9.9938E-06	5.5872	1054	1.0240E-05
46	FCG11	9.9974E-06	20.0648	3078	8.6336E-06
47	FCG12	9.9977E-06	12.6983	2131	8.8447E-06
48	FCG13	9.9992E-06	17.7038	3352	6.8237E-06
49	FCG21	1.4650E-01	61.4268	10000	1.4656E-01
50	FCG22	2.4656E-02	55.2311	10000	5.8162E-04
51	FCG23	2.4615E-02	50.3003	10000	5.3749E-04
52	FCG31	1.2823E-01	64.4266	10000	2.2253E-01

No	Jaringan	Pelatihan			Pengujian
		MSE	Waktu	Jml Epoch	MSE
53	FCG32	1.3606E-01	59.2280	10000	2.1830E-01
54	FCG33	1.5712E-01	53.4630	10000	2.1288E-01
55	FCG41	1.2907E-01	61.1176	10000	2.3234E-01
56	FCG42	1.3683E-01	55.7272	10000	2.2823E-01
57	FCG43	1.4772E-01	49.8234	10000	2.2278E-01
58	FCG51	1.2868E-01	64.7247	10000	2.2287E-01
59	FCG52	1.3605E-01	59.7282	10000	2.1830E-01
60	FCG53	1.4690E-01	52.8720	10000	2.1125E-01

Dari tabel 3, kelima jenis masukan yang dilatihkan ke masing – masing modul memberikan jumlah *epoch* yang berbeda – beda untuk mencapai target MSE. Sehingga dapat dibuat tabel 4 rata-rata jumlah *epoch* yang diperlukan untuk mencapai target *mean square error* (MSE) 1E-5 masing – masing jenis masukan sebagai berikut.

Tabel 4. Rata – rata jumlah *epoch* masing – masing jenis masukan

	Rata - Rata Jumlah Epoch			
	Fasa A	Fasa B	Fasa C	Ground
1	1934	1139	1281	2854
2	1973	1215	3614	10000
3	2040	985	1154	10000
4	1434	1134	1222	10000
5	1397	926	976	10000

Dari hasil perancangan JST untuk estimasi lokasi gangguan didapatkan hasil pelatihan dan pengujian modul-modul JST deteksi gangguan masing – masing jenis gangguan. Berikut ini adalah tabel hasil pelatihan masing – masing modul JST deteksi gangguan.

Tabel 5. Hasil pelatihan dan pengujian modul estimasi lokasi gangguan pada masing – masing jenis gangguan

No	Jaringan	Pelatihan			Pengujian
		MSE	Waktu	Epoch	MSE
1	FLLG11	1.3521E-05	445.7000	20000	7.8170E-06
2	FLLG12	9.9994E-06	230.6290	10175	4.0029E-06
3	FLLG13	9.9499E-06	7.2411	321	1.6870E-05
4	FLLG14	9.9984E-06	30.2770	1351	3.3663E-05
5	FLLG15	9.9996E-06	149.0840	6609	6.3636E-06
6	FLLG21	1.0167E-05	372.2980	20000	5.2156E-06
7	FLLG22	9.9999E-06	187.4080	10032	3.5443E-06
8	FLLG23	9.9981E-06	16.1575	874	2.5989E-05
9	FLLG24	9.9935E-06	29.4351	1583	4.4764E-05
10	FLLG25	9.9997E-06	212.9320	11394	6.2314E-06

No	Jaringan	Pelatihan			Pengujian
		MSE	Waktu	Epoch	MSE
11	FLLL11	1.2077E-05	485.2090	20000	5.9471E-06
12	FLLL12	9.9997E-06	327.2650	14318	5.2419E-06
13	FLLL13	9.9984E-06	22.3590	978	1.1713E-05
14	FLLL14	9.9970E-06	46.9786	2055	4.4219E-05
15	FLLL15	9.9999E-06	296.1110	12566	6.0105E-06
16	FLLL21	1.0862E-05	480.2010	20000	4.7255E-06
17	FLLL22	9.9993E-06	222.9340	12077	2.9975E-06
18	FLLL23	9.9946E-06	18.2286	988	2.6828E-05
19	FLLL24	9.9988E-06	38.5613	2064	4.3381E-05
20	FLLL25	9.9997E-06	206.4480	11184	5.7572E-06
21	FLLLG11	1.0000E-05	427.8870	18922	5.1476E-06
22	FLLLG12	9.9998E-06	171.5730	7625	4.2085E-06
23	FLLLG13	9.9982E-06	10.1814	444	3.6889E-05
24	FLLLG14	9.9700E-06	21.1251	954	6.3235E-05
25	FLLLG15	9.9998E-06	150.6130	6590	5.7374E-06
26	FLLLG21	1.1538E-05	372.8850	20000	6.3238E-06
27	FLLLG22	9.9996E-06	169.8910	9187	4.3046E-06
28	FLLLG23	9.9852E-06	8.2750	453	3.8007E-05
29	FLLLG24	9.9772E-06	16.5247	894	4.6461E-05
30	FLLLG25	9.9997E-06	126.2920	6823	4.0162E-06
31	FLLLLG11	1.0871E-05	444.4270	20000	4.8492E-06
32	FLLLLG12	9.9994E-06	137.6340	6148	1.5263E-05
33	FLLLLG13	9.9532E-06	7.1666	319	3.5702E-05
34	FLLLLG14	9.9683E-06	15.8084	711	5.0381E-05
35	FLLLLG15	9.9977E-06	87.9713	3930	4.4156E-05
36	FLLLLG21	1.0313E-05	368.0230	20000	5.8028E-06
37	FLLLLG22	9.9997E-06	236.1840	12753	5.0844E-06
38	FLLLLG23	9.8558E-06	4.6865	253	4.8638E-05
39	FLLLLG24	9.9983E-06	23.9053	1923	6.0269E-05
40	FLLLLG25	9.9979E-06	112.8760	6069	7.8834E-06

Dari kelima jenis urutan fungsi aktivasi yang digunakan ke masing – masing modul jst estimasi lokasi gangguan, dapat dibuat tabel 6 rata-rata jumlah *epoch* yang diperlukan untuk mencapai target MSE 1E-5 pada masing – masing jenis urutan fungsi aktivasi sebagai berikut.

Tabel 6. Rata-rata jumlah *epoch* yang diperlukan pada masing – masing jenis fungsi aktivasi

Jenis Fungsi Aktivasi	Rata - Rata Jumlah Epoch			
	Gangguan LG	Gangguan LL	Gangguan LLG	Gangguan LLLG
1	20000	20000	19461	20000
2	10104	13198	8406	9451
3	598	983	449	286
4	1467	2060	924	1317
5	9002	11875	6707	5000

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisa jaringan syaraf tiruan (JST) sebagai klasifikasi gangguan dan estimasi lokasi gangguan di saluran distribusi PT. Pertamina RU II Dumai dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Masukan yang efektif digunakan untuk mempercepat proses pelatihan jst deteksi gangguan pada fasa A, B dan C adalah 4 sampel tegangan pada masing – masing fasa dengan interval waktu 5 ms, sedangkan untuk pelatihan jst deteksi ground masukan yang efektif digunakan adalah 4 sampel arus urutan nol dengan interval waktu 5 ms.
2. Urutan fungsi aktivasi yang efektif digunakan untuk mempercepat pelatihan jst estimasi lokasi gangguan pada jenis gangguan LG, LL, LLG dan LLLG adalah sigmoid bipolar – sigmoid biner - linear

Daftar Pustaka

- Budiharto, Widodo., Suhartono, Derwin. (2014). *Artificial Intelligence Konsep dan Penerapannya*. Jakarta : Andi
- Hessine, Moez Ben., Saber, Souad Ben .(2014). *Accurate Fault Clasifier and Locator for EHV Transmission Lines Based on Artificial Neural Networks*. Hindawi Publishing Corporation.
- Puspitaningrum, Diah. (2006). *Pengantar Jaringan Saraf Tiruan*. Bengkulu : Andi
- Sari, Ika mayla,. Sukma, Dian Yayan,. 2016. *“Estimasi Jenis dan Lokasi Titik Gangguan pada Saluran Distribusi Bawah Tanah PT. Pertamina RU II Dumai dengan Menggunakan Metoda Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)*. Jom FTEKNIK
- Siang, Jong Jek. (2007). *Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan MATLAB*. Yogyakarta : Andi.
- Suyanto . (2007). *Artificial Intellegence*. Bandung: Informatika.
- William D. Stevenson,Jr. (1983). *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta : Erlangga
- Yadaf, Anamika., Thoke, A.S. 2011. *Transmission Line Fault Distance and Direction Estimation Using Artificial Neural Network*. IJEST)